

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-249983
 (43)Date of publication of application : 14.09.2000

(51)Int.Cl. G02B 27/28

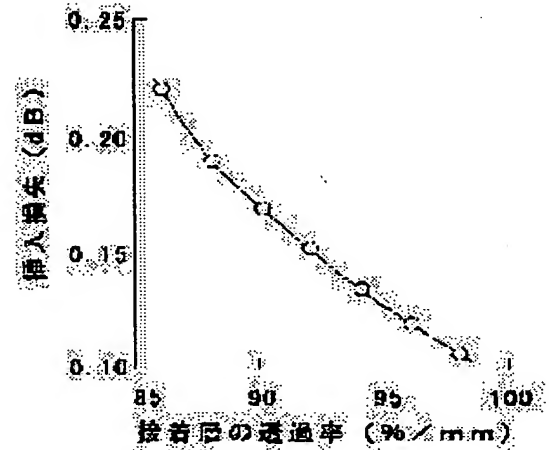
(21)Application number : 11-056295 (71)Applicant : TOKIN CORP
 (22)Date of filing : 04.03.1999 (72)Inventor : SATO TADAKUNI
 SUZUKI TAKAYUKI
 SHOJI TOSHIO

(54) PRODUCTION OF OPTICAL NON-RECIPROCAL DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method to obtain an optical non-reciprocal device having little insertion loss by laminating a Bi-based garnet thick film as a Faraday rotator between two planer polarizers, adhering them with an adhesive to fix and cutting the laminated body without generating cracks.

SOLUTION: This optical non-reciprocal device consists of a Bi-based garnet thick film as a Faraday rotator and polarizers disposed on both surfaces of the Faraday rotator. This device is produced by using the Bi-based garnet thick film having the warpage specified to $\leq 1.5 \mu\text{m}/\text{mm}$ warpage and using an adhesive showing $\geq 88\%$ transmittance for light per 0.1 mm thickness of the adhesive layer after cured and having $\leq 100 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ coefft. of thermal expansion to produce a laminated body and then cutting.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-249983

(P2000-249983A)

(43) 公開日 平成12年9月14日 (2000.9.14)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

データベース(参考)

G 0 2 B 27/28

G 0 2 B 27/28

A 2 H 0 9 9

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号

特願平11-56295

(22) 出願日

平成11年3月4日 (1999.3.4)

(71) 出願人 000134257

株式会社トーキン

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

(72) 発明者 佐藤 忠邦

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

株式会社トーキン内

(72) 発明者 鈴木 孝幸

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

株式会社トーキン内

(72) 発明者 東海林 利男

宮城県仙台市太白区郡山6丁目7番1号

株式会社トーキン内

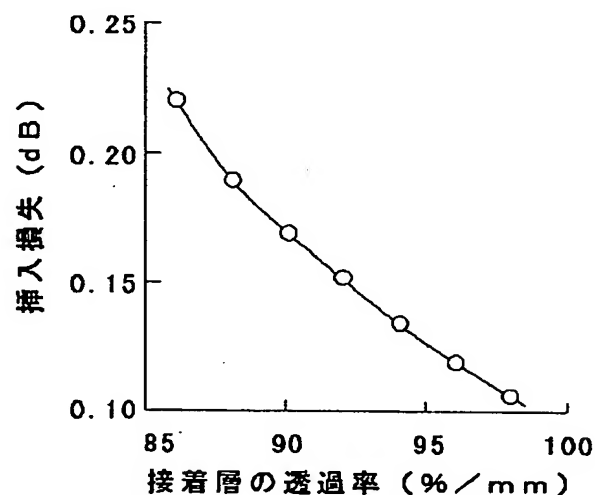
Fターム(参考) 2H099 AA01 BA02 CA11 DA05

(54) 【発明の名称】 光非相反素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ファラデー回転子となるBi系ガーネット厚膜を、2枚の平板状の偏光子の間に重ね合わせ、接着剤を用いて貼り合わせ、固定した積層体を、割れを生じることなく切断し、挿入損失が小さい光非相反素子を得る方法を提供すること。

【解決手段】 Bi系ガーネット厚膜からなるファラデー回転子の両面に偏光子を配置して構成される光非相反素子は、反りを $1.5 \mu\text{m}/\text{mm}$ 以下に規定したBi系ガーネット厚膜を用い、硬化後における接着層の厚さ 0.1 mm 当たりの光透過率が88%以上で、接着層の熱膨張率が $100 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 以下である接着剤を用いて積層体を作製し、切断加工して得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ファラデー回転を呈する磁気光学ガーネット厚膜、および該磁気光学ガーネット厚膜の両主面にそれぞれ偏光子を配置して構成される光非相反素子の製造方法において、前記磁気光学ガーネット厚膜と前記偏光子を、硬化後における接着層の厚さ0.1mm当たり、88%以上の光透過率を示す接着剤を用いて、接着することを特徴とする光非相反素子の製造方法。

【請求項2】 前記磁気光学ガーネット厚膜の反りは、 $1.5\mu\text{m}/\text{mm}$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の光非相反素子の製造方法。

【請求項3】 前記接着剤が硬化した後における前記接着層の熱膨張率が、 $100\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下であることを特徴とする請求項1または請求項2記載の光非相反素子の製造方法。

【請求項4】 前記磁気光学ガーネット厚膜および前記偏光子を接着した積層体を、前記接着剤を硬化させた後に、前記接着した面に垂直に切断加工する工程を含むことを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の光非相反素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば光通信システムや光計測器に用いられ、光を一方向にのみ透過させ、逆方向には遮断する光素子である光非相反素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光源からの出射光を、光学系を用いて伝達しようとするとき、光学系中の光学素子の端面で反射した光は、光源に戻ってくる。例えば、光通信においては、レーザ光源から出射した光は、結合レンズによって収束され、光ファイバの端面に集められる。光アイソレータを用いない場合には、一部は光ファイバの端面で反射されて、レーザ光源に戻る。レーザ光源に戻った光は、一般に位相も偏光方向もレーザ光源の出射光とは異なり、これによって、レーザ発振が乱され、出射光にノイズが生じたり、さらにはレーザ発振の停止に至る場合もある。

【0003】このようなノイズを防ぐため、戻り光を遮断する光非相反部品として、光アイソレータや光サーキュレータ等の光非相反部品が使用される。これらの光非相反部品は、ファラデー回転子と偏光材料からなる光非相反素子と磁界印加手段を組み合わせる構成される。ファラデー回転子を挟むようにして、ファラデー回転子の両面に平板の偏光材料を接着し、その上で所要の形状寸法に切断して、複数に分割する方法は、低コストの光非相反素子を得る上で有用である。光非相反素子には、戻り光の遮断特性（アイソレーション）が高いこと、入射光の透過損失（挿入損失）が小さいことが要求される。

【0004】ファラデー回転子には、Bi置換型希土類

ガーネットからなる磁気光学ガーネット厚膜（以下、Bi系ガーネット厚膜という）が多く用いられる。また、偏光材料には、ガラス偏光子やルチル偏光子等が用いられる。

【0005】Bi系ガーネット厚膜は、液相エピタキシャル成長法（以下、LPE法という）によって作製される。PbO、Bi₂O₃等を用いてフラックス成分とし、Tb₂O₃、Gd₂O₃、Fe₂O₃、Al₂O₃、Ga₂O₃等を用いてガーネット成分として、約900～1100℃で溶解し、その溶液中に浸漬した基板上にBi系ガーネット厚膜が育成される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、Bi系ガーネット厚膜の熱膨張率は、基板に比べて、20%程度大きい。常温に降温すると、Bi系ガーネット厚膜は、凹状に歪み、大きな応力が残存することになる。そのため、基板を除去しても、Bi系ガーネット膜には大きな反りを生じてしまう。

【0007】このようなBi系ガーネット厚膜をファラデー回転子として用い、偏光子と貼り合わせ、切断・分割して、複数の光非相反素子を得る上で問題がある。大きく反ったBi系ガーネット膜を、2枚の平板状の偏光子の間に重ね合わせ、接着剤を用いて貼り合わせて固定した積層体では、中間のBi系ガーネット厚膜に大きな応力が蓄積される。さらに、この積層体から切断・分割して複数の光非相反素子を取得するために、ワックスを用いて固定する工程は、通常、昇温操作を必要とする。温度を上げることにより、とくに積層体のBi系ガーネット厚膜には、往々にして割れが生じる。Bi系ガーネット厚膜は、機械的に脆い上、偏光子として多く用いられるガラス偏光子との間の熱膨張率の差が大きいためである。Bi系ガーネット厚膜の熱膨張率は、約 $10\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、ガラス偏光子の熱膨張率は、約 $6\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ である。

【0008】本発明の目的は、ファラデー回転子となるBi系ガーネット厚膜を、2枚の平板状の偏光子の間に重ね合わせ、接着剤を用いて貼り合わせ、固定した積層体を、割れを生じることなく切断し、挿入損失が小さい光非相反素子を得る方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、Bi系ガーネット厚膜からなるファラデー回転子の両主面にそれぞれ偏光子を配置して構成される光非相反素子は、反りを $1.5\mu\text{m}/\text{mm}$ 以下に規定したBi系ガーネット厚膜を用い、硬化後における接着層の厚さ0.1mm当たりの光透過率が88%以上を示し、かつ、接着層の熱膨張率が、 $100\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下である接着剤を用いて接着し、接着剤を硬化させた後に、Bi系ガーネット厚膜と偏光子が接着された積層体を、接着した面に垂直に切断加工することによって得られる。

【0010】本発明において、接着層の光透過率（厚さ0.1mm当り）を88%以上としたのは、低い挿入損失の非相反素子の挿入損失を得るためである。通常、挿入損失が0.5dB以下の光アイソレータを作製するためには、光非相反素子部の挿入損失は、0.3dB以下であれば十分である。本発明は、挿入損失の設定値を0.2dB以下と規定して、さらに高性能化を図る。

【0011】また、本発明において、Bi系ガーネット厚膜の反りを $1.5\mu\text{m}/\text{mm}$ 以下としたのは、機械的に脆い性質を有するBi系ガーネット厚膜に誘起される応力を低減し、Bi系ガーネット厚膜と偏光子を重ね合わせ、接着して固定した積層体の切断加工時に、Bi系ガーネット厚膜に割れを生じさせないためである。

【0012】本発明において、硬化後の接着層の熱膨張率が $100\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下であるような接着剤を使用することとしたのは、Bi系ガーネット厚膜に割れを生じさせないためである。Bi系ガーネット厚膜と偏光子を重ね合わせ、接着して固定した積層体の切断加工に際しては、加熱昇温し、ワックスで固定する工程を必要とする。硬化後の熱膨張率が小さい接着剤を使い、加熱、冷却によってBi系ガーネット厚膜に誘起される応力を低減することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0014】（第1の実施の形態）まず、波長 $1.31\mu\text{m}$ においてファラデー回転角（ θ_F ）が約 45deg となるTbBi系ガーネット厚膜（実際の厚さは約 $300\mu\text{m}$ となる）、1対のガラス偏光子（商品名ポーラコア）、およびアクリル系接着剤、エポキシ系接着剤を用意した。TbBi系ガーネット厚膜は、一辺が10mmの正方形をなしている。2枚で1対をなすガラス偏光子は、厚さが $500\mu\text{m}$ で、同様に一辺が10mmの正方形をなし、これらを重ねると、互いの偏光面が 45deg となるように成形されている。

【0015】図1は、接着層の単位厚さ（0.1mm）当たりの光透過率に対する、積層体の挿入損失を、波長 $1.31\mu\text{m}$ において測定した結果を示す図である。図2は、2枚のガラス偏光子の間にBi系ガーネット厚膜を重ね合わせ、接着剤によって固定した積層体を示す図である。TbBi系ガーネット厚膜1およびガラス偏光子2、3には、反射を低減するように、予めARコート処理がなされてある。接着して作製した積層体を、昇温し、またはUV照射して、接着剤を硬化させた。接着層4の厚さは、約 $2\sim 20\mu\text{m}$ であった。図1から、積層体の挿入損失0.2dB以下は、接着層の厚さ0.1mm当たりの光透過率が88%以上を有する接着剤を用いることによって得られることがわかる。この事実は、工業上、有用である。

【0016】（第2の実施の形態）第1の実施の形態と

同様にして、エポキシ系接着剤（接着層の厚さ0.1mm当たりの光透過率94%、硬化後の熱膨張率約 $80\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）を使用して、TbBi系ガーネット厚膜1を2枚のガラス偏光子2、3の間に重ね合わせ、接着し積層体を作製した。ついで、接着剤が硬化した後、積層体をワックスを用いて固定し、ダイヤモンド製研削刃によって、一辺が約0.9mmの正方形に切断して、複数の光非相反素子を作製した。

【0017】図3は、積層体を切断して取得した光非相反素子のなかで、TbBi系ガーネット厚膜に生じた割れ発生率と、TbBi系ガーネット厚膜1の反りとの関係を示す図である。図4は、TbBi系ガーネット厚膜1の反りを定義する図である。すなわち、本発明では、TbBi系ガーネット厚膜1の反りは、単位長さ（mm）当りの最大凸部の高さ（ μm ）で示すものとする。図5は、積層体が切断され、複数の非相反素子に分割された状態を示す図である。

【0018】図3によれば、TbBi系ガーネット厚膜1の反りが、 $1.5\mu\text{m}/\text{mm}$ 以下で、TbBi系ガーネット厚膜の1割れ発生率が著しく低い。したがって、TbBi系ガーネット厚膜1の割れ発生率を低くするには、TbBi系ガーネット厚膜1の反りを $1.5\mu\text{m}/\text{mm}$ 以下とすることは、工業上、非常に有益となる。

【0019】（第3の実施の形態）前記第1の実施の形態および第2の実施の形態と同様にして、GdBi系ガーネット厚膜（厚さ約 $300\mu\text{m}$ 、反り $1.0\mu\text{m}/\text{mm}$ ）を、2枚のガラス偏光子の間に重ね合わせ、接着し積層体を作製した。接着剤には、硬化後の $0\sim 150^{\circ}\text{C}$ における接着層の熱膨張率が様々な値を示すアクリル系接着剤、エポキシ系接着剤を用いた。ついで、前記と同様に、積層体を切断して、複数の光非相反素子を作製した。

【0020】図6は、積層体を切断して取得した光非相反素子のなかで、GdBi系ガーネット厚膜に生じた割れ発生率と、接着剤が硬化した後の、 $0\sim 150^{\circ}\text{C}$ における接着層の熱膨張率の関係を示す図である。図6によれば、使用する接着剤が硬化した後の接着層の熱膨張率が $100\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下では、GdBi系ガーネット厚膜ガーネット層の割れ発生率が著しく低いことが判る。したがって、GdBi系ガーネット厚膜ガーネット層の割れ発生率を低くするには、硬化後の接着層の熱膨張率が $100\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の接着剤を使用することは、工業上、有益である。

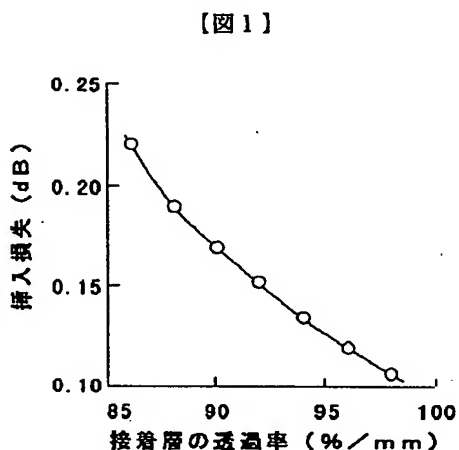
【0021】前記各実施の形態において示された中で、本発明にもとづいて作製された光非相反素子を、 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 系円筒形磁石内に設置して、光アイソレータを作製した。その結果、波長 $1.31\mu\text{m}$ における特性は、消光比が40dB以上、挿入損失が0.4dB以下であり、良好な特性を有する光アイソレータが構成されることが確認された。

【0022】

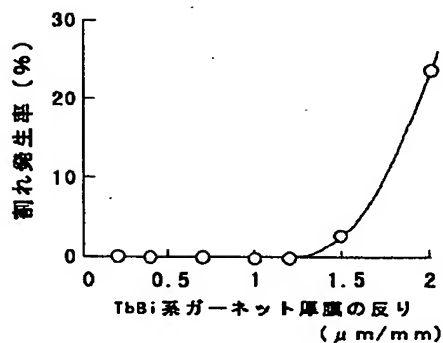
【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ファラデー回転子となるBi系ガーネット厚膜を、2枚の平板状の偏光子の間に重ね合わせ、接着剤を用いて貼り合わせて固定した積層体を、割れを生じることなく切断し、挿入損失が小さい光非相互素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

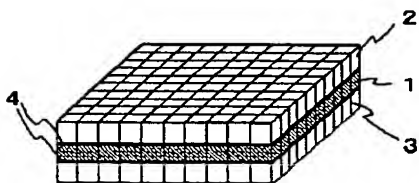
【図1】接着層の光透過率に対する、積層体の挿入損失を示す図。



【図3】



【図5】



*【図2】接着剤によって固定した積層体を示す図。

【図3】割れ発生率とTbBi系ガーネット厚膜の反りの関係を示す図。

【図4】反りを定義する図。

【図5】積層体が切断された状態を示す図。

【図6】割れ発生率と接着層の熱膨張率の関係をす図。

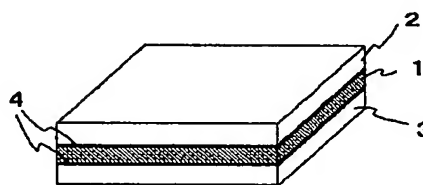
【符号の説明】

1 TbBi系ガーネット厚膜

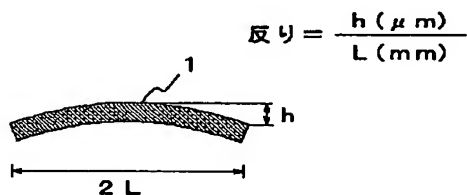
2, 3 ガラス偏光子

*10 4 接着層

【図2】



【図4】



【図6】

